

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-078744

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

H02H 7/085

B60L 3/04

H02H 7/00

H02P 7/63

(21)Application number : 10-
262400

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing :

01.09.1998

(72)Inventor : OZAWA HIROYUKI

HORIE SATORU

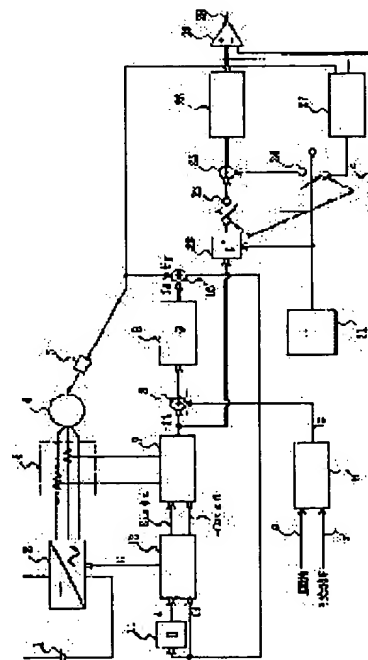
TERASAWA KIYOSHI

(54) PROTECTOR FOR MAIN MOTOR OF VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To protect a motor against burning by operating temperature rise of the motor accurately while taking account of the rotational frequency of the motor.

SOLUTION: The protector for main motor of vehicle comprises a multiplier means 22 for obtaining the square of a current being fed to a motor 4 from a torque component current detecting means 7 based on an output signal therefrom, a function generating means 27 having a radiation table matching with the radiation time constant of the motor dependent on the rotational frequency of the motor, means 26 for summing and integrating output signals from the multiplier means 22 and the function generating means 27, a pulse generating means 21 for turning both output signals on/off at a specified interval, and a comparator 28 for comparing the output signal from the integrating means 26 with a preset temperature to generate an alarm output 29. The comparator 28 is set with upper and lower temperature rise limits and a recovery mode is cut



when the lower limit is reached while operation of a VVVF inverter is stopped when the upper limit is reached.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.04.2003

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision
of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-78744

(P 2 0 0 0 - 7 8 7 4 4 A)

(43) 公開日 平成12年 3 月 14 日 (2000. 3. 14)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テマコード (参考)

H02H 7/085

B60L 3/04

H02H 7/00

H02P 7/63

302

H02H 7/085

B60L 3/04

H02H 7/00

H02P 7/63

E 5G044

B 5H115

K 5H576

S

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-262400

(22) 出願日 平成10年 9 月 1 日 (1998. 9. 1)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 小澤 寛之

茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内

(72) 発明者 堀江 哲

茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内

(74) 代理人 100099302

弁理士 笹岡 茂 (外 1 名)

最終頁に続く

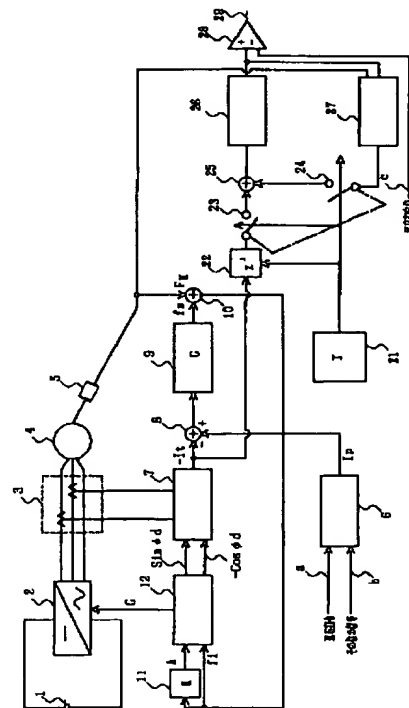
(54) 【発明の名称】 車両用主電動機の保護装置

(57) 【要約】

【課題】 モータの回転周波数を取り入れ、精度の高いモータの温度上昇の演算を行ない、モータの焼損を防止することにある。

【解決手段】 モータ 4 に流れる電流を入力するトルク分電流検出手段 7 の出力信号を入力して電流の二乗の値を得る掛算手段 22 と、モータの回転周波数により変化するモータの放熱時定数に見合う放熱テーブルを有する函数発生手段 27 と、掛算手段と函数発生手段の出力信号の両者を加算して積分する積分手段 26 と、前記両者の出力信号をパルスにより所定間隔でオンオフするパルス発生手段 21 と、積分手段の出力信号と予め設定された温度設定値とを比較して警報出力 29 を発生するコンパレータ 28 を具備する。ここで、コンパレータは、温度上昇の所定の限度値を高、低い 2 段階設け、低い限度値に達した時は回生モードをカットし、高い限度値に達した時は V V V F インバータの運転を停止させる。

【図 1】



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直流を交流に変換する V V V F インバータによって駆動する誘導電動機と、前記電動機に流れる電流を入力するトルク分電流検出手段と、トルク分電流指令を入力して求めたインバータ周波数指令に基づいて前記インバータを制御するゲート信号発生手段を有し、前記電動機の制御を行う車両用主電動機において、前記トルク分電流検出手段の出力信号を入力して電流の二乗の値を得る掛算手段と、前記電動機の回転周波数を入力し、前記電動機の回転周波数により変化する前記電動機の放熱時定数に見合う放熱テーブルを有する函数発生手段と、前記掛算手段と前記函数発生手段の出力信号の両者を加算して、その偏差を積分する積分手段と、前記両者の出力信号をパルスにより所定間隔でオンオフするパルス発生手段と、前記積分手段の出力信号と予め設定された温度設定値とを比較して警報出力を発生するコンパレータを具備することを特徴とする車両用主電動機の保護装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記コンパレータは、温度上昇の所定の限度値を高、低の 2 段階設け、低い限度値に達した時は回生モードをカットして力行モー

$$\theta_i = \theta_f \times (I_i / I_0)^2 \cdot (1 - e^{-\frac{t_i}{T_1}})^2 + I_{i-1} \cdot e^{-\frac{t_i}{T_2}} \dots \dots \dots (1)$$

θ_i : 時間 i の時の温度上昇

θ_f : 電流 I_0 で連続運転した時の飽和温度上昇

I_i : 時間 i の時の電流

T_1 : 巻線の時定数

T_2 : 巻線の時定数

I_{i-1} : 時間 $i-1$ の時の温度上昇

t_i : 電流 I_i が流れている時間

温度上昇限度値より若干低い第 1 の限度値及び若干高い温度上昇限度値そのものの第 2 の限度値と、計算によって算出された値とを比較し、第 1 の限度値を越えた場合、回生打ち切りとし、第 2 の限度値を越えた場合、インバータを停止させる。以上のような内容から、前記公報に記載の保護装置は、次のように構成される。直流を交流に変換する V V V F インバータ 2 によって駆動する誘導電動機 4 と、この誘導電動機 4 に流れる電流を検出する電流検出器 3 と、この電流検出器 3 からの信号を入力するトルク分電流検出器 7 と、誘導電動機 4 の回転周波数 F_r を検出する回転検出器 5 と、運転指令 a 及び他の制御信号指令 b を入力するトルク演算器 6 と、トルク分電流検出器 7 の出力信号とトルク演算器の出力信号を入力する加算器 8 と、回転検出器 5 の出力信号と加算器 8 の出力信号をアンプ 9 を介して入力する周波数加算器 10 と、この周波数加算器 10 の出力するインバータ周波数指令信号 f_i を入力してインバータ 2 の電圧変調率 A を算出する函数発生器 11 と、インバータ周波数指令信号 f_i と電圧変調率 A の両者を入力し、その出力信号をインバータ 2 とトルク分電流検出器 7 に与えるゲート

ドのみの運転とすると共に、ブレーキ時は機械ブレーキとし、高い限度値に達した時は V V V F インバータの運転を停止させることを特徴とする車両用主電動機の保護装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、車両用主電動機の保護装置に係り、特に、鉄道車両用の主電動機を熱的に保護する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 この種の技術として、図 2 に示す特開平 9-294329 号公報に記載の保護装置が挙げられる。この公報によれば、誘導電動機に流れるトルク分電流から演算した温度上昇データと、誘導電動機の放熱時定数に見合う放熱テーブルを有する函数発生器からの放熱データを加算して、誘導電動機の温度上昇値を得る。V V V F インバータ制御の場合、モータ電流はその指令値に合うように制御されるから、(1) 式の計算式でモータ電流の指令値を基準に計算しても温度上昇値はほぼ実際の値になる。

【数 1】

信号発生器 12 からなり、誘導電動機の制御を行う車両用主電動機において、トルク分電流検出器 7 の出力信号とパルス発生器 21 の出力信号の両者を入力して電流の二乗の値を得る掛算器 22 と、この掛算器 22 の出力信号及び誘導電動機の放熱時定数に見合う放熱テーブルを有する函数発生器 27 の出力信号の両者を加算する加算器 25 と、その偏差を積分する積分器 26 と、掛算器 22 の出力信号と放熱用の函数発生器 27 の出力信号をパルスにより所定間隔でスイッチ 23、24 を用いてオンオフするパルス発生器 21 と、積分器 26 の出力信号と予め設定された温度設定値 c とを比較して警報出力 29 を発生せしめるコンパレータ 28 とを設け、また、コンパレータ 28 においては、温度上昇の所定の限度値を高、低の 2 段階設け、低い限度値に達した時は回生モードをカットして力行モードのみの運転とすると共に、ブレーキ時は機械ブレーキとし、高い限度値に達した時は V V V F インバータの運転を停止させる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記した図 2 に示す保護装置では、誘導電動機の放熱データを発生する函数発

生器 2 7 には、誘導電動機の回転周波数の情報は入力されておらず、函数発生器 2 7 が出力する放熱データは、誘導電動機の回転周波数と無関係なものとなっている。しかし、実際の誘導電動機の放熱時定数は回転周波数と共に変化し、例えば図 3 に示すように、回転周波数の 0. 4 乗程度に反比例した特性を示すのが一般的である。このことから、放熱データを発生する函数発生器 2 7 に回転周波数が考慮されていないと、誘導発電機の回転周波数が変化したときに、実際の誘導発電機の放熱時定数の変化が函数発生器の出力する放熱データに反映されず、精度の高い誘導発電機の温度上昇値の演算が望めない、という問題点がある。また、従来、鉄道車両用の主電動機は、走行する路線、駅間距離、速度制限、車両重量などから走行シミュレーションを行ない、熱容量を決定していたが、編成中の他の機器の故障等が原因で、等価的に電流が増加するケースを想定するため、熱容量は広い範囲の温度の余裕をとることになり、主電動機全体が大きくなる、という欠点がある。

【0 0 0 4】本発明の課題は、上述した点に鑑み、誘導発電機の回転周波数を取り入れて精度の高い誘導電動機の温度上昇の演算を行ない、温度上昇の限度値を越える前に回生モードを停止し、また、VVVFインバータの運転を停止させ、誘導電動機の焼損を防止することにある。

【0 0 0 5】

【課題を解決するための手段】上記課題は、誘導電動機に流れる電流を入力するトルク分電流検出手段の出力信号を入力して電流の二乗の値を得る掛算手段と、前記電動機の回転周波数を入力し、前記電動機の回転周波数により変化する前記電動機の放熱時定数に見合う放熱テーブルを有する函数発生手段と、掛算手段と函数発生手段の出力信号の両者を加算して、その偏差を積分する積分手段と、前記両者の出力信号をパルスにより所定間隔でオンオフするパルス発生手段と、積分手段の出力信号と予め設定された温度設定値とを比較して警報出力を発生するコンパレータを具備することによって、解決される。ここで、コンパレータは、温度上昇の所定の限度値を高、低の 2 段階設け、低い限度値に達した時は回生モードをカットして力行モードのみの運転とすると共に、ブレーキ時は機械ブレーキとし、高い限度値に達した時は VVVF インバータの運転を停止させる。

【0 0 0 6】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、本発明の一実施形態を示す全体構成のブロック図である。図 1 において、VVVF インバータ制御は、直流主電源 1 を電源とし、インバータ 2 で誘導電動機 4 を制御する。本実施形態は、誘導電動機 4 に流れる電流を検出する電流検出器 3 と、この電流検出器 3 からの信号を入力するトルク分電流検出器 7 と、誘導電動機 4 の回転周波数 F_r を検出する回転検出

器 5 と、運転指令 a 及び他の制御信号指令 b を入力するトルク演算器 6 と、トルク分電流検出器 7 の出力信号とトルク演算器 6 の出力信号を入力する加算器 8 と、回転検出器 5 の出力信号と加算器 8 の出力信号をアンプ 9 を介して入力する周波数加算器 1 0 と、この周波数加算器 1 0 の出力するインバータ周波数指令信号 f_i を入力してインバータ 2 の電圧変調率 A を算出する函数発生器 1 1 と、インバータ周波数指令信号 f_i と電圧変調率 A の両者を入力し、その出力信号をインバータ 2 とトルク分電流検出器 7 に与えるゲート信号発生器 1 2 と、トルク分電流検出器 7 の出力信号とパルス発生器 2 1 の出力信号の両者を入力して電流の二乗の値を得る掛算器 2 2 と、回転検出器 5 の出力信号が入力され、誘導電動機 4 の回転周波数に見合う放熱テーブルを有し、積分器 2 6 の出力を入力し、それに見合う放熱値を出力する放熱用の函数発生器 2 7 と、掛算器 2 2 の出力信号及び放熱用の函数発生器 2 7 の出力信号との両者を加算してその偏差を積分する積分器 2 6 と、掛算器 2 2 の出力信号と放熱用の函数発生器 2 7 の出力信号をパルスにより所定間隔でスイッチ 2 3, 2 4 を用いてオンオフするパルス発生器 2 1 と、積分器 2 6 の出力信号と予め設定された温度設定値 c とを比較して警報出力 2 9 を発生せしめるコンパレータ 2 8 とから構成される。

【0 0 0 7】運転指令 a 及び他の制御信号 b とから、トルク指令としてトルク分電流指令 I_p をトルク演算器 6 から出力する。トルク分電流指令 I_p とトルク分電流検出器 7 の出力であるトルク分電流 I_i を加算器 8 で加算し、その和をアンプ 9 で利得位相補償し、スベリ周波数 f_s を出力する。一方、誘導電動機 4 の回転周波数 F_r を回転検出器 5 で検出し、回転周波数 F_r とスベリ周波数 f_s を加算器 1 0 で加算し、インバータ周波数指令 f_i を出力する。そして、このインバータ周波数指令 f_i を函数発生器 1 1 とゲート信号発生器 1 2 に与える。函数発生器 1 1 は入力信号のインバータ周波数指令 f_i に基づいてインバータ 2 の電圧変調率 A をゲート信号発生器 1 2 へ出力する。インバータ 2 は電力スイッチング素子によって構成した周知の 2 レベルのインバータであるが、本発明の要旨とするところではないので、その説明を省略する。ゲート信号発生器 1 2 は、入力信号のインバータ周波数指令 f_i と電圧変調率 A とから、直流主電源 1 の直流電源から誘導電動機 4 へ励磁用交流電力をインバータ 2 で発生すべくその構成素子である電力スイッチング素子を制御する。従って、インバータ 2 の交流出力位相はゲート信号発生器 1 2 の管理下にある。また、ゲート信号発生器 1 2 では 3 相 2 相変換手法による位相信号 $S_{in} \phi d$, $-C_{os} \phi d$ を求めており、この位相信号をトルク分電流検出器 7 に出力する。トルク分電流検出器 7 では、前記位相信号と電流検出器 3 で検出する交流電流の瞬時値とからトルク分電流 $-I_i$ を出力する。トルク分電流 $-I_i$ は電流検出器 3 で検出した U ,

V相電流の瞬時値 I_u , I_v 値から、3相・2相変換した電流 I_d , I_q を求め、この電流 I_d , I_q と、前記位相信号 $\sin \phi d$ と、3相2相変換時の等電力に換算

$$I_i = K (I_d - \sin \phi d - I_q \cos \phi d) \quad (2)$$

として求められる。この式を展開すると、

$$I_i = K I_{\text{peak}} \cdot \cos(\phi u - \theta) \quad (3)$$

となり、 $\cos(\phi u - \theta)$ は力率であり、 I_i は直流で出力される。上述により、VVVF制御により誘導電動機は速度制御される。

【0008】ところで、トルク分電流 I_i の演算を実施するサンプリング時間毎にパルス発生器21よりパルスを発生し、スイッチ23, 24をオンする。掛算器22は、トルク分電流 I_i を掛算し、 I_i^2 値を得る。この出力はスイッチ23がオンする毎に加算器25に加わる。加算器25の出力は積分器26に与えられ、この積分器26の出力上昇の時定数は誘導電動機4の熱時定数に合わせる。函数発生器27は、回転検出器5の出力信号が入力され、誘導電動機4の回転周波数に見合う放熱テーブルに基づいて積分器26の出力に見合う放熱値を出力する。この放熱データをスイッチ24を介して加算器25に与える。これにより、積分器26には、トルク分電流 I_i による上昇データと、函数発生器27よりの放熱データとが加わり、誘導電動機4の温度上昇値と等価な信号が積分器26より出力される。この出力をコンパレータ28により温度設定値 c と比較し、警報出力29を出力する。この場合、コンパレータ28において

$$T_t = T_{to} + \left(T_f \times \left(\frac{I}{I_o} \right)^2 \times \left(\frac{F_o}{F} \right)^{0.4} - T_{to} \right) \times (1 - \exp(-\frac{\Delta t}{T_i} \times \left(\frac{F}{F_o} \right)^{0.4})) \quad (4)$$

T_t : 温度上昇値
 T_{to} : T_o における温度上昇値
 I_o : 定格電流
 T_f : 定格電流で定格時間運転したときの温度上昇値
 I : 時間 t のときの電流
 F_o : 定格周波数
 F : 時間 t のときの周波数
 Δt : サンプリング周期
 T_i : 定格周波数における放熱時定数

誘導電動機の回転と発熱の関係をみると、①誘導電動機の回転が高速になると、飽和温度が下がり（それ程高温にならない）、②温度変化が早くなる、という現象がある。①については、飽和温度を決める要素「 $T_f \times (I/I_o)^2$ 」の項に、また、②については、熱時定数の要素「 $-\Delta t/T_i$ 」の項に、それぞれ誘導電動機の回転周波数情報すなわち「 $(F/F_o)^{0.4}$ 」を加味することが必要になる。(4)式は、このような観点から成立する計算式である。

【0010】

する係数 K とから、
 【数2】

【数3】

は、温度上昇の所定の限度値を高、低の2段階設け、低い限度値に達した時は再生モードをカットして力行モードのみの運転とすると共に、ブレーキ時は機械ブレーキとし、高い限度値に達した時はVVVFインバータ2の運転を停止させる。なお、この警報出力29は、トルク演算器6に与え、トルク分電流指令出力 I_p を引き下げても良いし、また、運転士に警報を出力しても良い。

【0009】ここで、本実施形態の特徴とする放熱テーブルを有する放熱用の函数発生器27において、誘導電動機4の放熱時定数に誘導電動機4の回転周波数を考慮した計算式を(4)式に示す。ここでは、巻線の放熱時定数は回転周波数と共に変化し、例えば図3に示すように、回転周波数の0.4乗程度に反比例する特性を用いた。なお、ロータに流れる電流は、一般に、入力電圧に対して位相差(Φ)をもつが、入力電流に力率をかけたものに比例する。この入力電流に力率をかけたものをトルク分電流と称している。したがって、このトルク分電流をもとに温度を演算すると、ロータの温度上昇を想定することができる。

【数4】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電気車のモータを運転する際、モータの回転周波数を取り入れ、モータの温度上昇を高い精度でモニターできるので、モータの焼損等の事故を防止することができる。また、精度の高いモータの温度上昇のモニターにより、事故となりそうな場合は、再生ブレーキをカットし、または、VVVFインバータの運転を停止させ、未然に事故を防ぐことができる。また、モータの温度上昇の演算をモータの回転周波数を取り入れて行なうので、できるので、精度の高いモータの温度上昇の演算が可能にな

り、広い範囲の温度の余裕をとる必要がなくなり、車両用主電動機全体を小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の車両用主電動機の保護装置の一実施形態を示す全体ブロック図

【図 2】 従来例を示す車両用主電動機の保護装置

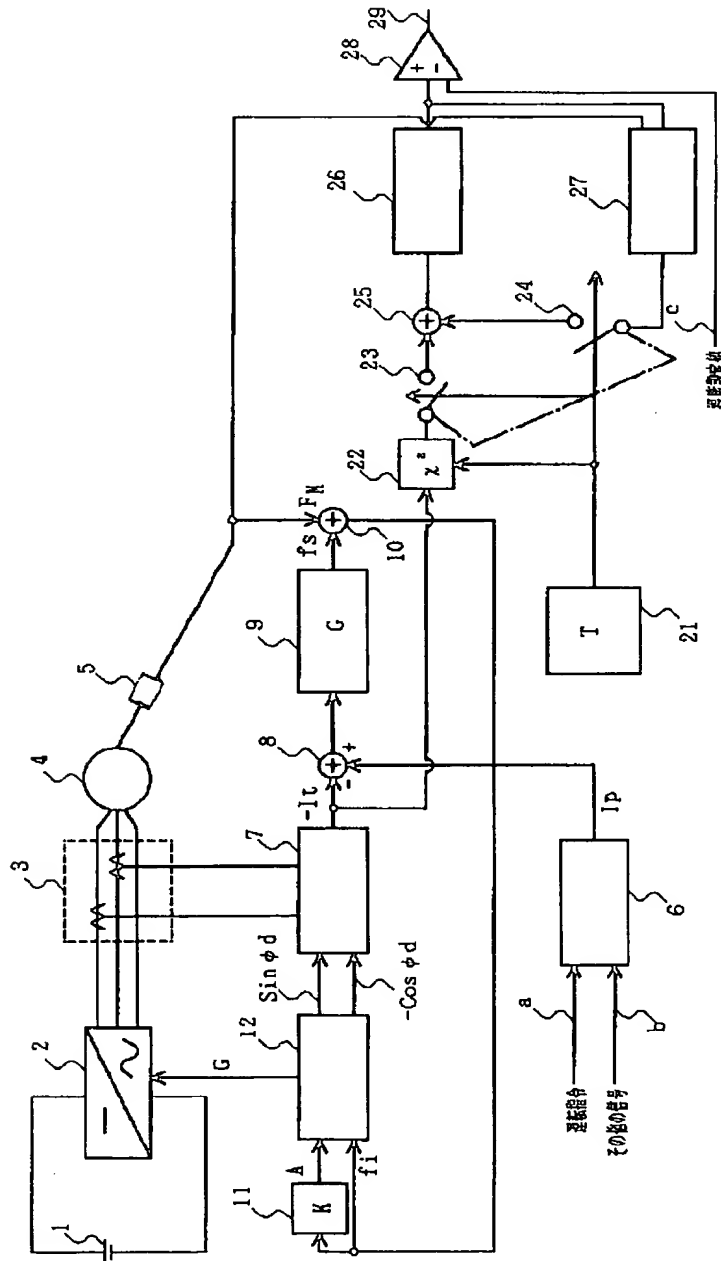
【図 3】 誘導電動機の回転周波数と放熱時定数の関係を示したグラフ

【符号の説明】

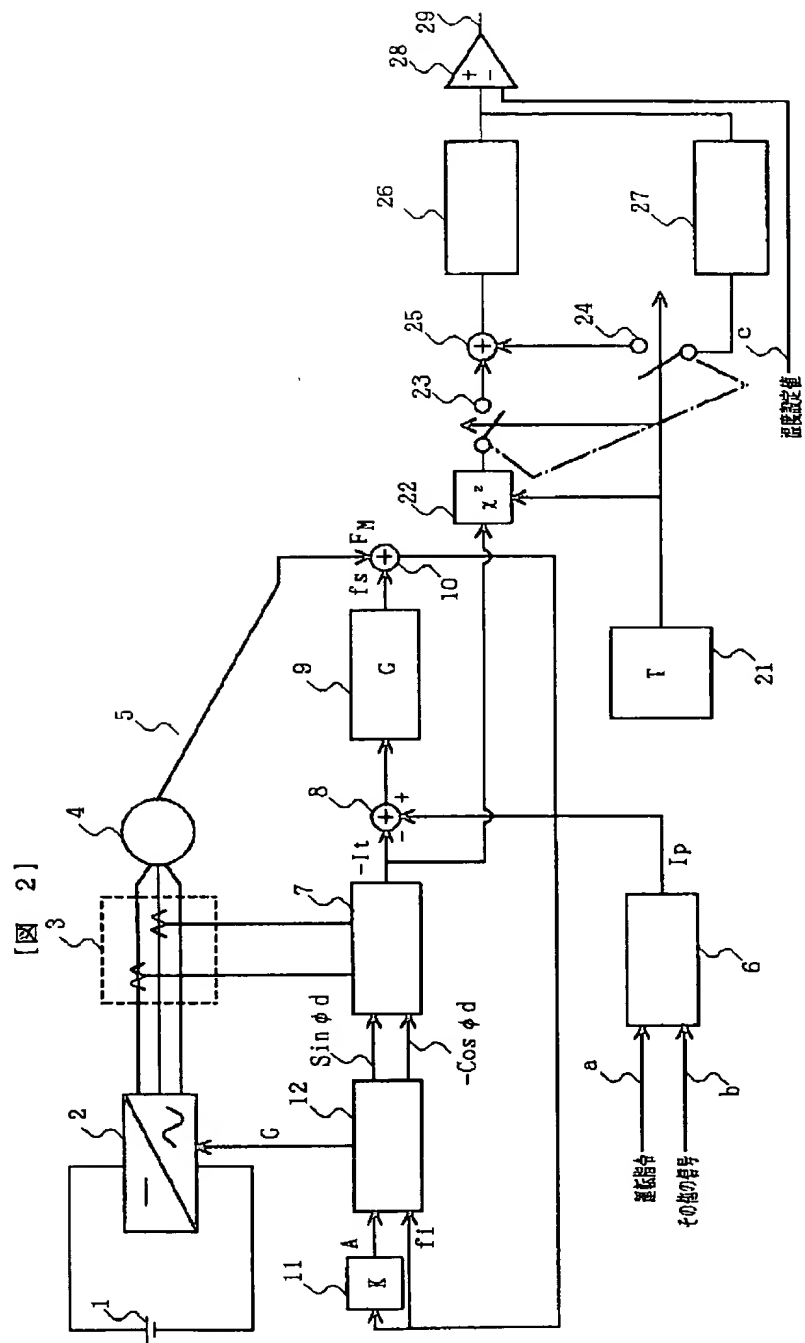
1…直流主電源、2…VVVFインバータ、3…電流検出器、4…誘導電動機、5…回転検出器、6…トルク演算器、7…トルク分電流検出器、8…加算器、9…増巾器、10…周波数加算器、11…関数発生器、12…ゲート信号発生器、21…パルス発生器、22…掛算器、23…スイッチ、24…スイッチ、25…加算器、26…積分器、27…関数発生器、28…コンパレータ、29…警報出力

【図 1】

【図 1】

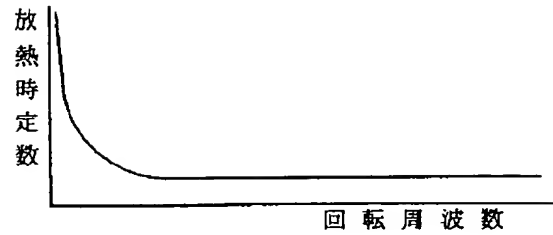


【図 2】



【図 3】

【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 寺澤 清

茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内

Fターム(参考) 5G044 AA01 AA07 AC02 AE01 AE03
CA11 CB01 CC01 CE03
5H115 PG01 PU09 PV09 Q104 Q107
QN06 QN09 QN23 RB24 TB01
TO05 TO12 TR04 TU12 TZ04
TZ07
5H576 AA01 BB06 DD02 DD04 EE03
EE09 GG02 GG04 JJ22 LL01
LL22 LL30 MM06